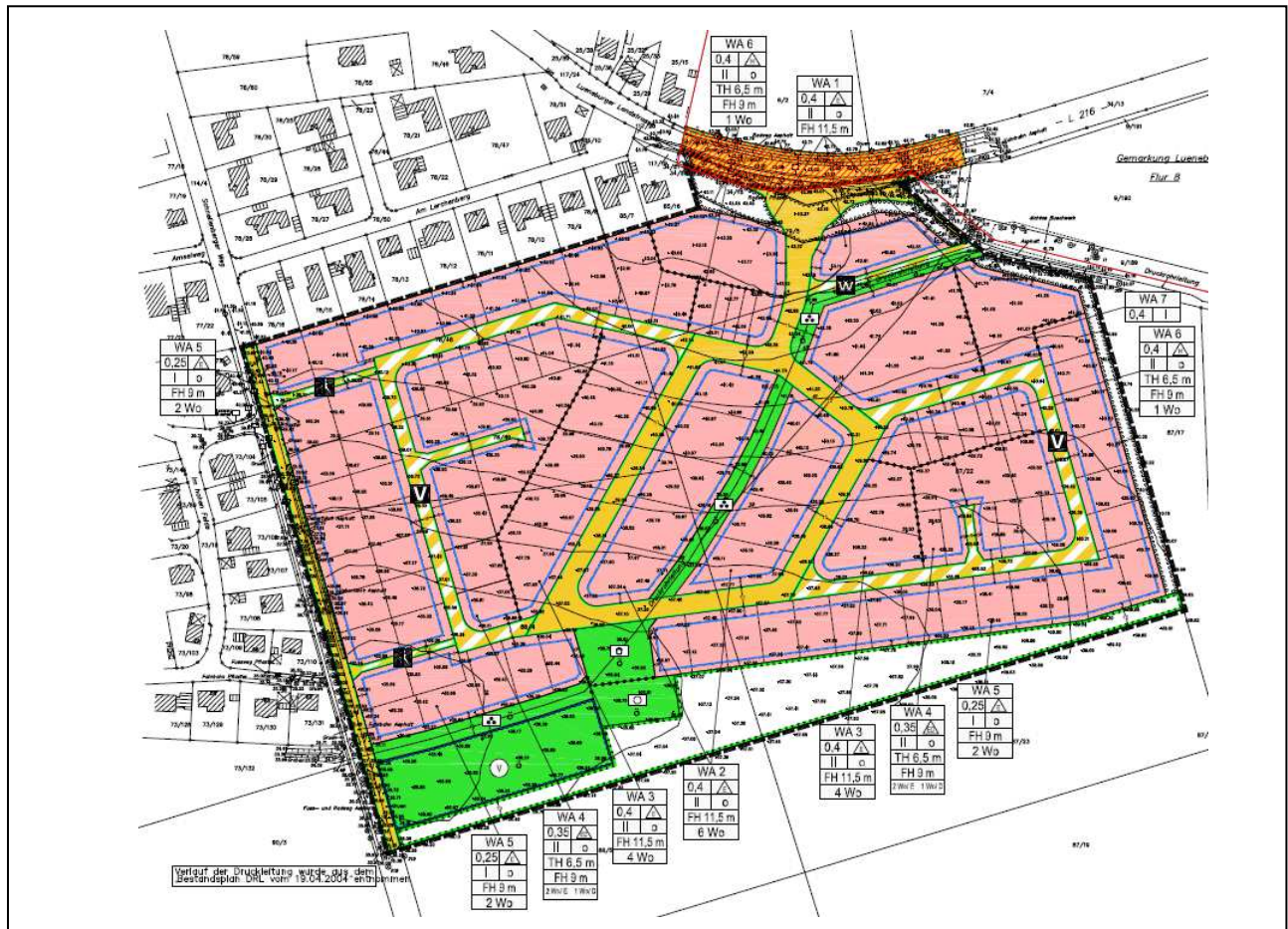




Wärmekonzept für das Baugebiet „Schnellenberger Weg“ in der Gemeinde Reppenstedt

im Auftrag der

Samtgemeinde Gellersen

Bremen, im August 2020

UTEC, Ingenieurbüro für Entwicklung und Anwendung
umweltfreundlicher Technik GmbH

Cuxhavener Straße 10, 28217 Bremen
Tel.: 0421 / 38678 - 9, Fax: 0421 / 38678 - 88
www.utec-bremen.de

Inhaltsverzeichnis

1	ZUSAMMENFASSUNG	3
2	BESCHREIBUNG DES BAUGEBIETES	6
3	ENERGIEBEDARFSPROGNOSEN	8
3.1	Wärmebedarf	8
3.2	Strombedarfsprognose „Wohnen“	9
4	WÄRMEVERSORGUNGSKONZEPT – ÖKONOMIE UND ÖKOLOGIE	11
4.1	Dezentrale Wärmeversorgung	12
4.1.1	Wärmegestehungskosten	12
4.1.2	CO ₂ – Emission „dezentrale Wärmesysteme“	14
4.2	Zentrale Wärmeversorgung	15
4.2.1	Mögliche zentrale Wärmeerzeugungssysteme	15
4.2.2	Anlagenbeschreibung	17
4.2.3	Wärmegestehungskosten	18
4.2.4	CO ₂ – Emission „zentrale Wärmesysteme“	19
4.3	Vergleichende Diskussion dezentral/zentral	20
5	STROMEIGENPRODUKTION DURCH PHOTOVOLTAIKANLAGEN	22
5.1	Solarpotenzial	22
5.2	Konzeptionelle Aspekte „Photovoltaikanlagen“ in der Bauleitplanung	23
5.3	Betreiberkonzepte für PV-Anlagen	23

1 Zusammenfassung

Die Samtgemeinde Gellersen entwickelt das neue Baugebiet „Schnellenberger Weg im Ortsteil „Reppenstedt“. Das Plangebiet umfasst eine Fläche von ca. 12,5 ha. Im Kerngebiet ist eine leicht verdichtete Bauweise mit bis zu 2-geschossigen Mehrfamilienhäusern mit jeweils 4 – 8 Wohneinheiten geplant. Für die Restflächen sind Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser vorgesehen. Die Planungen gehen von dem Bau von ca. 208 Wohneinheiten aus. Die Wohn-/Nutzfläche wird bei ca. 21.000 m² liegen.

Energiebedarfsprognose

Für das Baugebiet wurde eine Energiebedarfsprognose erstellt. Hierbei wurde von einem normalen, heute üblichen energetischen Baustandard ausgegangen (entspricht ca. KfW 55).

- Wärme: 1.100 MWh/a bei einer Heizleistung von ca. 550 kW
- Strom 466 MWh/a

Wärmeversorgungskonzept

In einem Wärmeversorgungskonzept wurden verschiedene Wärmesysteme betrachtet. Hierbei wird grundsätzlich unterschieden zwischen dezentralen und zentralen Systemen.

Als dezentrales Wärmeversorgungssystem wird folgendes behandelt:

- Elektrische Wärmepumpe mit Erdwärmenutzung und Photovoltaikanlage
- Erdgasbrennwertkessel mit Solarthermieanlage

Für eine zentrale Wärmeversorgung wurden mehrere Varianten entwickelt, die sich beim Energieträger und dem Versorgungsgebiet unterscheiden:

- Erdgas BHKW
- Biomethangas BHKW
- Gebietsvariante 1: zentrale Versorgung des gesamten Plangebietes
- Gebietsvariante 2: zentrale Versorgung des Kerngebietes

Für alle behandelten Wärmesysteme wurden die ökonomischen und ökologischen Verhältnisse dargestellt. Hierbei wurden die aktuell geltenden Förderbedingungen der BAFA und des KWK-Gesetzes angewendet.

In den Berechnungen wurden keine Preisentwicklungen berücksichtigt. Hier muss die weitere Entwicklung abgewartet werden. Tendenziell kann davon ausgegangen werden, dass ökologisch vorteilhafte Systeme wirtschaftlich besser gestellt werden.

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der Abbildung 1 angegeben.

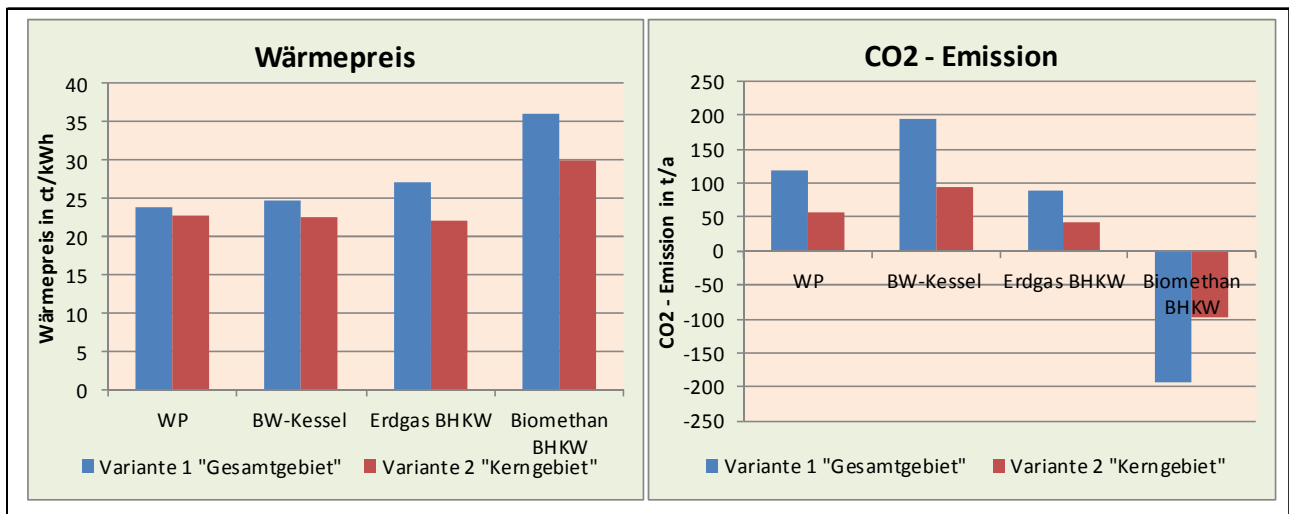


Abbildung 1: Wärmegestehungspreis und CO₂-Emission der dezentralen und der zentralen Wärmesysteme

Es ergibt sich folgendes Ergebnis:

Wärmekosten

- Bei den dezentralen Systemen führt die elektrische Wärmepumpe bei den kleinen Gebäuden zu leicht geringeren Wärmekosten, bei den großen Gebäuden zu ungefähr gleichen Wärmepreisen. Nicht berücksichtigt sind bei der Wärmepumpe eventuell erforderliche höhere Gebäudekosten für eine Tieftemperaturheizung (z.B. Fußbodenheizung).
- Die zentralen Wärmesysteme für das Gesamtgebiet mit Erdgas- oder Biomethan-BHKW weisen höheren Wärmekosten als die dezentralen Wärmesysteme auf.
- Das zentrale Wärmesystem für das Kerngebiet mit Erdgas-BHKW weist leicht geringeren Wärmekosten als die dezentralen Wärmesysteme auf.
- Beide Biomethan-Varianten führen zu deutlich höheren Wärmepreisen.

CO₂-Emission

- Bei den dezentralen Systemen weist die elektrische Wärmepumpe eine geringere CO₂ – Emission als der Erdgas-Brennwertkessel auf.
- Alle zentralen Wärmesysteme führen im Vergleich zu den dezentralen Systemen zu geringeren CO₂ – Emissionen.
- Das Biomethan-BHKW ist mit Abstand die umweltfreundlichste Variante mit der geringsten CO₂ - Emission.

Aus ökonomischer Sicht ist das Erdgas-BHKW lediglich für das Kerngebiet vorteilhaft. Die Versorgung der EFH- und DH-Gebäude über ein Nahwärmenetz führt zu höheren Wärmepreisen.

Aus ökologischer Sicht sind die zentralen Varianten vorteilhaft. Die Biomethan-Varianten führen sogar zu negativen CO₂-Emissionen. Stellt man die Anforderung, dass das Baugebiet CO₂ – neutral bebaut werden soll, so ist dieses nur mit einem Biomethan-BHKW möglich.

Die behandelten zentralen Wärmesysteme bieten geringe Primärenergiefaktoren „Wärme“ (ca. 0,5 bei Erdgas, 0,3 bei Biomethan). Dieses erleichtert das Erreichen eines besseren Gebäudeeffizienzstandards und führt damit ggfs. zu geringeren Investitionen beim Hausbau.

Stromproduktion mit Photovoltaikanlagen

Ein konsequenter Ausbau der solaren Stromproduktion ermöglicht, den gesamten Strombedarf der Gebäude selbst vor Ort mit Dachanlagen zu erzeugen. Das Solarstrompotenzial wird zu 536 MWh/a abgeschätzt.

Sollten die Gebäude mit elektrischen Wärmepumpen beheizt werden, entsteht ein zusätzlicher Heizstrombedarf von 314 MWh/a. Dieser kann nicht mehr über PV-Anlagen im Baugebiet erzeugt werden. Eine „Stromneutralität“ für das Baugebiet ist dann nicht mehr erreichbar.

Eine CO₂ – Neutralität der Bebauung kann in diesem Fall nur erreicht werden, wenn man im Baugebiet noch ein zusätzliches PV-Potenzial von ca. 230 kW erschließen kann. Dieses wird als unrealistisch eingeschätzt.

Das neue Gebäudeenergiegesetz GEG unterstützt die Bestrebungen, Neubauten möglichst mit einer PV-Anlage auszurüsten, in dem ein höherer Anteil des PV-Stromes dem Primärenergiebedarf angerechnet werden kann.

PV-Anlagen sind im EFH-Bereich gut wirtschaftlich. Den zukünftigen Bauherren sollte empfohlen werden, eine Anlage zu bauen. PV-Anlagen im MFH Bereich erfordern aus regulatorischen Gründen Mieterstrommodelle. Mit den zukünftigen Gebäudeinvestoren sollte vereinbart werden, dass solche Modelle umgesetzt werden.

2 Beschreibung des Baugebietes

Das ca. 12,5 ha große Plangebiet liegt am südöstlichen Rand der Ortslage von Reppenstedt und wird derzeit landwirtschaftlich genutzt. Nördlich sowie westlich wird es durch vorhandene Wohnbebauung am Lerchenberg und am Schnellenberger Weg begrenzt. Am nordöstlichen Rand des Plangebietes verläuft die Landesstraße 216. Außerdem wird das Plangebiet nordöstlich vom Sülzweg begrenzt. Ansonsten schließen südlich und östlich landwirtschaftliche Flächen an.

In der Abbildung 2 ist ein Luftbild mit Kennzeichnung des Plangebietes (rote Linie) zu sehen.



Abbildung 2: Lageplan (Quelle: Begründung B-Plan Nr.40 vom Büro Mehring)

Es gibt folgende Bebauungsvorgaben

- 50 % der Wohneinheiten für Einfamilien- (EFH), Doppel- (DH) und Reihenhäuser (RH)
- 25 % der Wohneinheiten in Mehrfamilienhäuser (MFH) im sozialen Wohnungsbau
- 25 % der Wohneinheiten in Mehrfamilienhäuser (MFH) im hochpreisigen Wohnungsbau

Es liegt ein städtebaulicher Entwurf vor (s. Abbildung 3). Im nordöstlichen und mittleren Bereich ist eine Mehrfamilienhaus-Bebauung (Gebäude mit 4 – 8 Wohneinheiten) und der Bau eines Kindergartens vorgesehen. Auf den restlichen Flächen sollen Einfamilien-, Doppel- und Reihenhäuser entstehen.

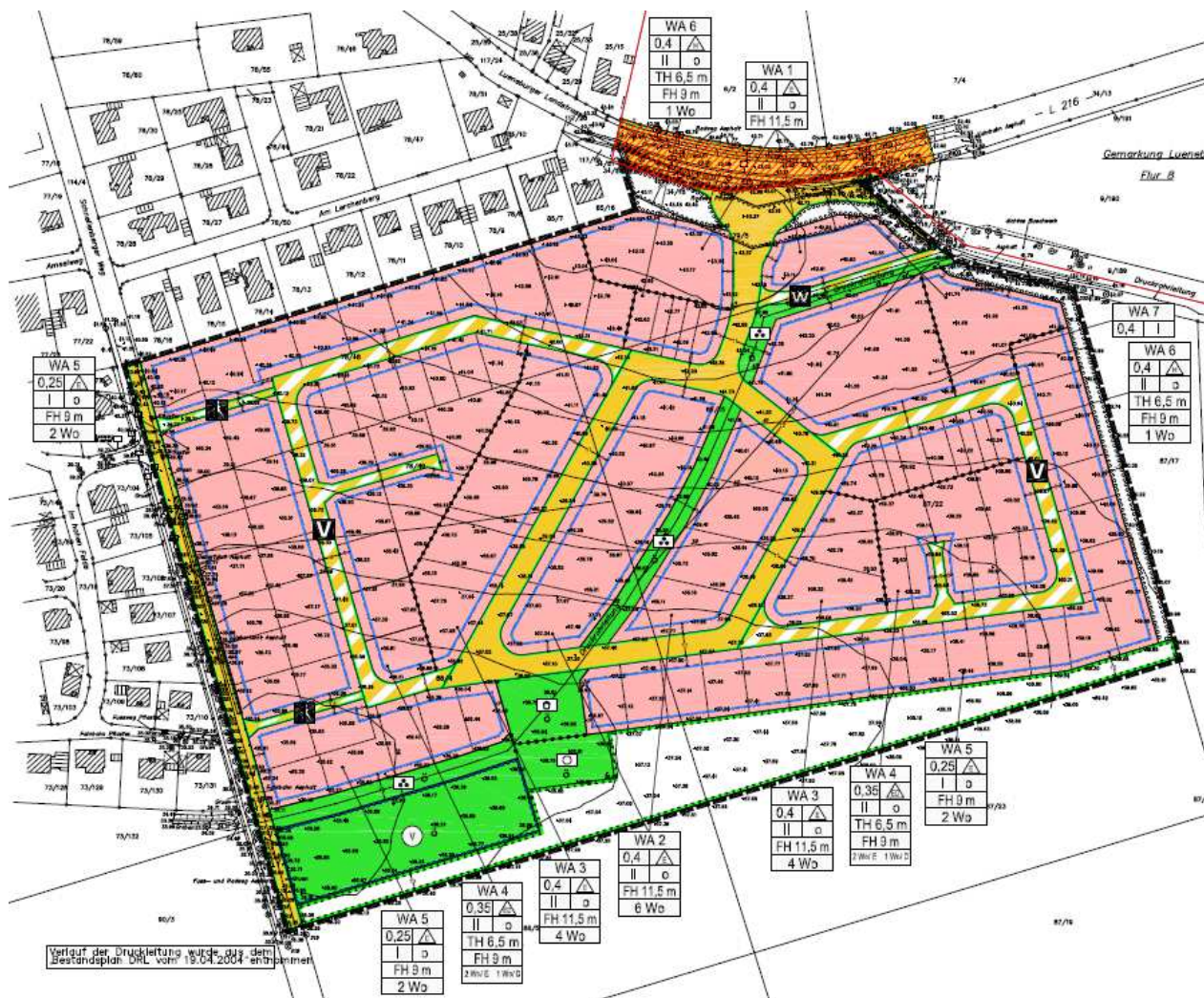


Abbildung 3: Vorentwurf des Bebauungsplanung

Aus dem städtebaulichen Entwurf ergeben sich die vorgesehene Gebäude- und Wohneinheitenanzahl gemäß Tabelle 1.

Haustyp	Anzahl	Wohn-einheiten	Bemerkungen
MFH groß	3	24	8 WE/Gebäude
MFH mittel	9	54	6 WE/Gebäude
MFH klein	7	28	4 WE/Gebäude
Kita			
EFH	62	74	20 % mit 2.WE
DH	7	14	
RH	3	14	
Summe	91	208	

Tabelle 1: Gebäude-, WE-Anzahl gemäß städtebaulichem Entwurf

3 Energiebedarfsprognosen

Für die geplanten Neubauten ist eine Energiebedarfsprognose entwickelt worden. Diese beinhaltet den Wärme- und Strombedarf.

3.1 Wärmebedarf

Die Gebäude müssen nach dem zum Zeitpunkt des Bauantrages geltenden Gebäudeenergiegesetz (GEG) errichtet werden. Das GEG löst die bis dahin geltende Energiesparverordnung ENEC und das Erneuerbare Energie Wärmegesetz ab. Es tritt zum 1.11.2020 in Kraft.

Aus dem GEG oder den Förderanforderungen der Kreditanstalt für Wiederaufbau KfW kann kein eindeutiger Nutzwärmebedarf abgeleitet werden, da es bei den Planungen Freiheitsgrade bei der Wahl der Ausführung des Baukörpers und der eingesetzten Gebäudetechnik sowie des Energieträgers gibt.

Es besteht derzeit seitens der Samtgemeinde Gellersen keine Vorgaben zum einzuhaltenden energetischen Baustandard. Deshalb wird in diesem Wärmekonzept von einem „üblichen“ Baustandard ausgegangen. Als üblicher energetischer Standard wird mit Schwerpunkt ein KfW 55-Standard definiert. Es wird einige Gebäude geben, die die Anforderungen des GEG so gerade erfüllen (KfW 70) und einige, die darüber hinausgehen (KfW 40 „Passivhaus“).

Das „übliche“ Gebäude und der „übliche“ Baustandard wird gemäß Tabelle 2 definiert. Für die Kita wird für den Warmwasserbedarf ein Erfahrungswert von 15 kWh/m²/a angesetzt.

	Wohnfläche	Personen	Heiz- Leistung	WWB*	Nutzwärme- bedarf
	m²/WE	Pers./WE	W/m²	l/d/Pers.	kWh/m²/a
EFH	150	2,5	33	35	53
DH	120	2,0	30	35	49
RH	120	2,0	28	35	47
MFH	65	1,5	30	35	54
Kita	1.350		30		51

* WW mit 45°C zzgl. 50% Wärmeverlustzuschlag

Tabelle 2: „übliche“ Gebäudewerte und spezifischer Wärmebedarf

Mit den Daten der Tabelle 2 ergibt sich eine Nutzwärmebedarfsprognose gemäß Tabelle 3.

Haustyp	Anzahl	Wohnfläche m²	Nutzwärmebedarf	
			kWh/m²/a	kWh/a
MFH groß	3	1.560	54	84.240
MFH mittel	9	3.510	54	189.541
MFH klein	7	1.820	54	98.280
Kita		1.350	51	68.850
EFH	62	9.300	53	489.181
DH	7	1.680	49	82.320
RH	3	1.680	47	78.288
Summe	91	20.900		1.090.702

Tabelle 3: Nutzwärmebedarfsprognose

3.2 Strombedarfsprognose „Wohnen“

In der Tabelle 4 bist eine Statistik des Bundesumweltministeriums zu den Stromverbräuchen im Wohnbereich in Abhängigkeit von der Personenzahl, der Gebäudeart und der Art der Warmwasserbereitung angegeben.

 Einfamilienhaus
  Wohnung im Mehrfamilienhaus
  Warmwasser mit Strom

Person	Gebäude	Verbrauch Niedrig	Verbrauch Mittel	Verbrauch Hoch
		800 – 1.100	1.100 – 1.900	1.900+
		1.200 – 1.500	1.500 – 2.600	2.600+
		1.500 – 2.100	2.100 – 3.500	3.500+
		1.800 – 2.400	2.400 – 4.300	4.300+
		1.300 – 1.700	1.700 – 2.600	2.600+
		2.000 – 2.500	2.500 – 3.600	3.600+
		2.100 – 2.500	2.500 – 3.800	3.800+
		2.500 – 3.000	3.000 – 4.700	4.700+
		1.800 – 2.200	2.200 – 3.500	3.500+
		2.700 – 3.400	3.400 – 5.000	5.000+
		2.600 – 3.200	3.200 – 4.500	4.500+
		3.200 – 4.000	4.000 – 6.000	6.000+
		2.000 – 2.500	2.500 – 4.000	4.000+
		3.100 – 4.000	4.000 – 5.800	5.800+
		3.000 – 3.500	3.500 – 5.000	5.000+
		3.500 – 4.400	4.400 – 6.600	6.600+

Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit

Tabelle 4: Strombedarf „Wohnen“

Zur Entwicklung einer Strombedarfsprognose wurde unter Anwendung der angegebenen Statistik folgendes angesetzt:

- Verbrauch niedrig (bis Wert), da davon ausgegangen wird, dass bei den Neubauten überwiegende neue energieeffiziente Geräte vorhanden sind.
- keine elektrische Warmwasserbereitung
- Allgemeinstrombedarf von Mehrfamilienhäusern im Strombedarf der WE beinhaltet
- Personenzahl in Mehrfamilienhäusern 1,5 Personen/Wohneinheit
- Personenzahl in Einzelhäusern 2,5 Personen/Wohneinheit

Es ergibt sich damit folgender Strombedarf pro Wohneinheit:

- Strombedarf Mehrfamilienhäuser 1.400 kWh/WE
- Strombedarf Einzelhäuser 2.850 kWh/WE

Damit ergibt sich für das Baugebiet die Strombedarfsprognose gemäß Tabelle 5.

	Wohn- einheiten	spez. Bedarf kWh/WE/a	Strom- bedarf kWh/a
EFH, DH, RH	102	2.850	290.700
MFH	106	1.400	148.400
Kita*	1	27.000	27.000
Summe			466.100

* mit Energiekennwert 20 kWh/a/m²

Tabelle 5: Strombedarfsprognose

4 Wärmeversorgungskonzept – Ökonomie und Ökologie

Es gibt eine Vielzahl von Möglichkeiten zur Wärmeversorgung der Gebäude. Die Auswahl hat aufgrund der Systematik der Energiebilanzierung der Energieeinsparverordnung ENEC/GEG Folgen auf die gesamte Gebäudeplanung. Eine Behandlung von allen Möglichkeiten würde den Aufwand für das Wärmekonzept sprengen. Die Möglichkeiten werden aufgrund bestehender Randbedingungen eingegrenzt. Es werden ökonomische und ökologische Vergleichsbetrachtungen durchgeführt. Hierbei werden

- Möglichkeiten der dezentralen Wärmeerzeugung
- Möglichkeiten der zentralen Wärmeerzeugung

behandelt.

Bei den ökologischen Betrachtungen wird sich auf die CO₂ – Emission beschränkt. Diese werden unter Anwendung von CO₂ – Emissionsfaktoren berechnet. Folgende Faktoren werden angesetzt (Quelle: BAFA Merkblatt zu Emissionsfaktoren vom 1.1.2019 und Umweltbundesamt „Emissionsbilanz erneuerbarer Energieträger“ für Biomethan):

- Erdgas 202 kg/MWh
- Strom 537 kg/MWh
- Biomethan 54 kg/MWh
- PV Strom 0 kg/MWh

Die ökonomischen Betrachtungen beinhalten eine Wärmeevollkostenberechnung nach VDI 2067. Folgende Parameter werden verwendet:

Dezentrale Wärmeversorgung:

- Erdgaspreis dezentral netto 4,5 ct/kWh
- CO₂ – Steuer netto 0,84 ct/kWh (Mittel 2022- 2031)
- Strombezugspreis netto 23 ct/kWh
- Stromgestehungskosten PV-Strom netto 11 – 13 ct/kWh je nach Anlagengröße
- Jahresarbeitszahl Erdreich-Wärmepumpe 3,5
- PV Stromanteil an Bedarf der Wärmepumpe 30 %
- Nutzungsdauern, Instandhaltungs- und Wartungsansätze der verschiedenen Anlagenkomponenten nach VDI 2067
- Zinssatz zu Bestimmung der Kapitalkosten 1,5 %/a

Zentrale Wärmeversorgung:

- Strombezugspreis netto 21 ct/kWh
- Erdgaspreis zentral netto 3,0 ct/kWh
- CO₂ – Steuer netto 0,84 ct/kWh (Mittel 2022- 2031)
- Biomethanpreis netto: 7,0 ct/kWh
- Stromvergütung nach KWK-Gesetz oder EEG
- BHKW-Wartung mit Vollwartungsvertrag

- Individuelle Bedien- und Verwaltungskostenansätze
- Marge für den Betreiber berücksichtigt als Verzinsung mit 5 %/a

Die Preisansätze entsprechen dem aktuellen Stand. Eine Preisdynamisierung wurde nicht angesetzt. Da ist aufgrund der aktuellen politischen Diskussion sehr viel in Bewegung. Ein Ansatz wäre spekulativ. Deshalb wurde hierauf verzichtet.

Es wurden die aktuellen Möglichkeiten der BAFA Förderung und der Förderung des Kraft-Wärme-Kopplung-Gesetzes (KWKG) berücksichtigt:

- Förderung Wärmepumpen 35 % der Investition
- Förderung solarthermische Anlage 30 % der Investition
- Wärmenetzförderung KWKG 40 % der Investition bei einem KWK-Anteil an der Wärme von > 75 %

Sämtliche Investitionsansätze beruhen auf Schätzungen.

4.1 Dezentrale Wärmeversorgung

Bei der dezentralen Wärmeversorgung wird jedes Gebäude aus einer eigenen Heizungsanlage mit Wärmeenergie versorgt. Bei der Bestimmung von Wärmebereitstellungskosten und CO₂-Emissionsmengen wird von 2 Varianten ausgegangen, die heute bzw. mit Inkrafttreten des GEG üblich sind, sofern es keine speziellen Vorgaben im B-Plan gibt:

- Gasvariante: Erdgasbrennwertkessel mit Solarthermieanlage
- Stromvariante: Erdreichwärmepumpe mit Photovoltaikanlage

Die Schnittstellen zum Hausheizungssystem sind die Ausgangsflansche des Heizungs- und des Warmwassersystems.

Bei der Erdreichwärmepumpe wird davon ausgegangen, dass es auf dem Gebäude eine Photovoltaikanlage gibt und der PV-Strom anteilig zum Betrieb der Wärmepumpe genutzt wird.

4.1.1 Wärmebereitstellungskosten

In der Tabelle 6 und der Abbildung 4 ist das Ergebnis der Wärmevollkostenberechnung der beiden dezentralen Wärmeversorgungsvarianten angegeben. Alle Kostenangaben sind brutto, d.h. einschließlich Mehrwertsteuer.

	RH €/a	DH €/a	EFH €/a	MFH groß €/a	MFH mittel €/a	MFH klein €/a	Kita €/a
Strom - Wärmepumpe							
Energie	380	400	537	1.881	1.411	948	4.541
Betrieb	472	472	472	1.021	906	802	2.032
Kapital	874	874	874	2.487	2.173	1.900	4.910
Summe	1.727	1.746	1.883	5.388	4.489	3.650	11.483
Wärmepreis in ct/kWh	30,9	29,7	23,9	19,2	21,3	26,0	16,7
Erdgas - Brennwertkessel							
Energie	489	512	643	1.948	1.514	1.070	4.634
Betrieb	402	402	421	929	813	661	1.517
Kapital	952	952	1.004	2.493	2.167	1.752	4.137
Summe	1.842	1.865	2.069	5.370	4.493	3.484	10.289
Wärmepreis in ct/kWh	32,9	31,7	26,2	19,1	21,3	24,8	14,9

Tabelle 6: Wärmeevollkosten der dezentralen Wärmeversorgung

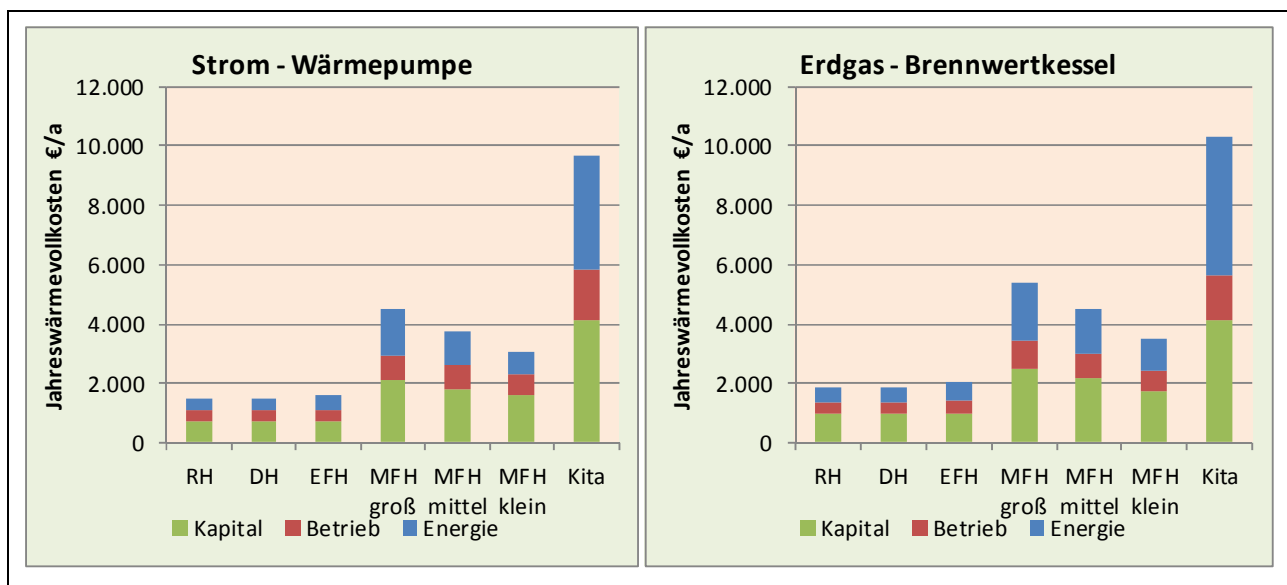


Abbildung 4: Wärmegestehungskosten der dezentralen Wärmeversorgung

In der Abbildung 5 sind die Wärmegestehungspreise für die verschiedenen Gebäudetypen vergleichend angegeben.

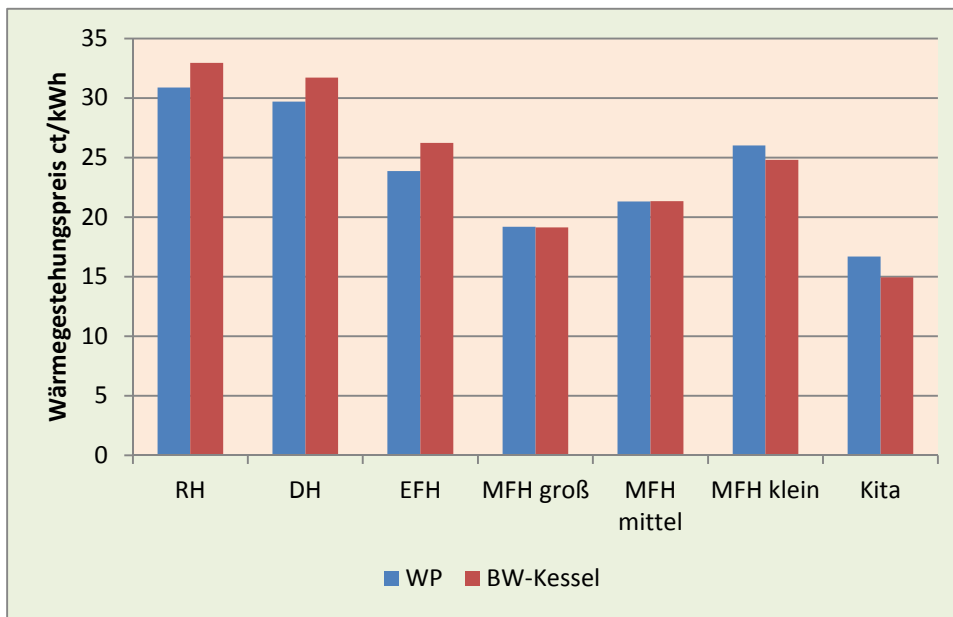


Abbildung 5: Wärmegestehungspreise „dezentral“ der Gebäudetypen und Heizungsart

Es zeigt sich folgendes Bild:

- Die elektrische Wärmepumpe ist das günstigere Heizsystem für die EFH-, DH- und RH-Gebäude
- Der Erdgasbrennwertkessel führt bei den größeren Gebäuden zu gleichen bis leicht günstigeren Wärmekosten.

Nicht berücksichtigt ist bei diesen Kosten, dass die Wärmepumpe ein Tieftemperaturheizsystem benötigt (z.B. Fußbodenheizung), um einen guten Wirkungsgrad zu erreichen.

Der mittlere Wärmegestehungspreis der dezentralen Varianten für das Gesamtgebiet liegt brutto bei 23,7 ct/kWh bei der Wärmepumpe und 24,8 ct/kWh beim Brennwertkessel.

Berücksichtigt man nur das Kerngebiet mit der verdichteten Bebauung (s. Kap. 4.2), so liegt der Wärmegestehungspreis brutto bei 22,5 ct/kWh bei der Wärmepumpe und 22,4 ct/kWh beim Brennwertkessel.

4.1.2 CO₂ – Emission „dezentrale Wärmesysteme“

Für die beiden Systeme wurde eine CO₂ – Bilanz erstellt. Hierbei wurden die o.g. CO₂ - Emissionsfaktoren genutzt.

In der Abbildung 6 ist der CO₂ – Emissionsfaktor Wärme für beide Systeme angegeben.

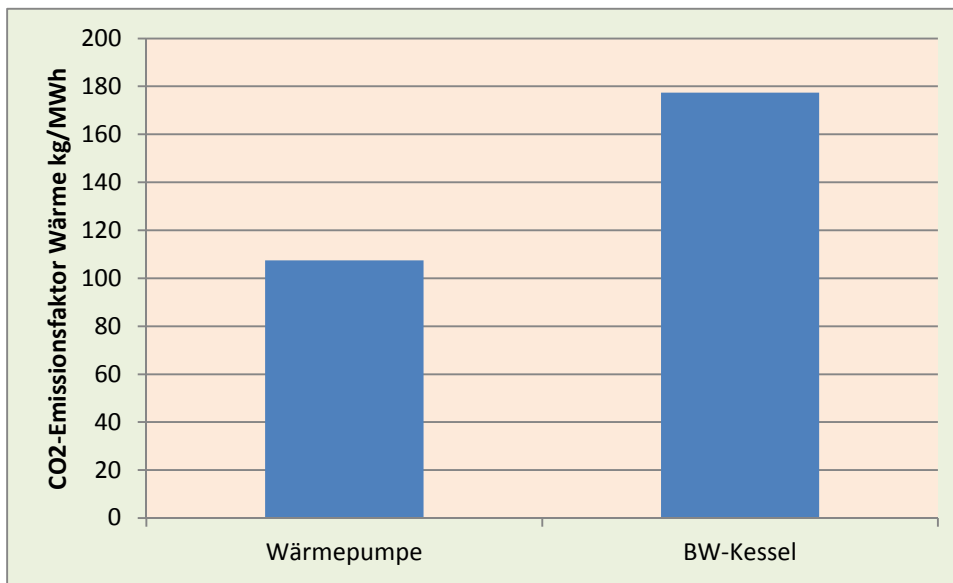


Abbildung 6: CO₂ – Emissionsfaktoren der dezentralen Wärmesysteme

Die Wärmepumpe führt zu deutlich geringeren CO₂ – Emissionen.

Absolut führen beide behandelten Heizsysteme zu einer CO₂ – Emission von 118 t/a (Wärmepumpe) und 195 t/a (Brennwertkessel).

4.2 Zentrale Wärmeversorgung

Bei der zentralen Wärmeversorgung werden alle Gebäude oder eine bestimmte Auswahl davon aus einer Heizzentrale über ein unterirdisch verlegtes Wärmenetz mit Wärmeenergie versorgt.

4.2.1 Mögliche zentrale Wärmeerzeugungssysteme

Mögliche Wärmeerzeugungssysteme unterscheiden sich in der Wahl des eingesetzten Energieträgers, der Wärmeerzeugungs- und –verteilungstechnik. Es müssen nicht alle Gebäude aus einem System versorgt werden. Es ist auch möglich, nur einzelne Bereiche zentral und andere dezentral zu versorgen.

Zentrale Systeme erfordern einen hohen Aufwand für die Wärmeverteilung. In der Heizzentrale besteht die Möglichkeit, hocheffiziente und umweltentlastende Techniken zur Wärmeerzeugung zu verwenden. Solche Systeme können niedrige Primärenergiefaktoren anbieten, die bei den Gebäudeplanungen zu kosten- und ggfs. förderrechtlichen Vorteilen (KfW) führen.

Die Auswahl der möglichen Wärmeerzeugungssysteme erfolgt vor dem Hintergrund einer schnellen Umsetzbarkeit, der Anwendung ausgereifter Technologien und möglichst günstiger Wärmepreise. Folgende grundsätzlich bestehenden Möglichkeiten werden deshalb nicht behandelt:

- Solarsysteme mit saisonalen Wärmespeichern
- Wärme- und Stromproduktion mit Brennstoffzellen
- Kalte Nahwärme mit Eisspeicher

Folgende Wärmeerzeugungssysteme werden behandelt:

- Kraft-Wärme-Kopplung mit Erdgas-BHKW
- Kraft-Wärme-Kopplung mit Biomethan-BHKW

Zentrale Systeme erfordern einen Betreiber, der mit der Flächenerschließung das Wärmeleitungssystem einbaut. Der Markt bietet viele mögliche Betreiber. Über ein Ausschreibeverfahren kann der Betreiber gesucht werden, der die Bedingungen der Samtgemeinde Gellersen am besten erfüllt und der für die zukünftige Bewohner die günstigsten Wärmekosten anbietet.

Das Baugebiet teilt sich ein in einen Bereich mit leicht verdichteter Bauweise und einen mit Einfamilien- und Doppelhäusern. Durch die geringere „Energiedichte“ des Einfamilienhausbereiches kann es sein, dass für diesen Bereich eine zentrale Wärmeversorgung zu teuer und mit zu hohen Netzverlusten verbunden ist. Für diesen Fall würde eine zentrale Wärmeversorgung nur für den verdichteten Bereich vorgesehen werden. Deshalb werden in den folgenden Betrachtungen 2 Varianten behandelt. Dabei wird unterschieden zwischen den beiden Energieträgern Erdgas und Biomethan

- Variante 1a: zentrale Wärmeversorgung für alle Gebäude des Baugebietes mit Erdgas-BHKW
- Variante 1b: zentrale Wärmeversorgung für alle Gebäude des Baugebietes mit Biomethan-BHKW
- Variante 2a: zentrale Wärmeversorgung nur für den verdichteten Bereich mit Erdgas-BHKW
- Variante 2b: zentrale Wärmeversorgung nur für den verdichteten Bereich mit Biomethan-BHKW

Als verdichteter Bereich wird die Fläche nach Abbildung 7 gewählt, d.h. der Bereich mit den MFH, RH und der Kita.



Abbildung 7: Bereich für Wärmesystem „verdichteter Bereich“

Alle Berechnungen gehen davon aus, dass alle Gebäude des jeweiligen Gebietes an das Wärmenetz angeschlossen werden. Dieses ist Voraussetzung für einen akzeptablen Wärmepreis. Um dieses zu erreichen, gibt es grundsätzlich den Anschluss- und Benutzungszwang, der im Rahmen der Satzung ausgesprochen werden kann. Alternativ ist eine Vereinbarung im Grundstückskaufvertrag möglich. Beide Möglichkeiten werden in vergleichbaren Projekten angewendet.

Für die Heizzentrale muss ein Standort gefunden werden. Für das Konzept wurde eine Fläche im nordöstlichen Bereich vorgesehen (Haupteinfahrt Kreisel). Der Flächenbedarf der Zentrale hängt von der Auswahl des technischen Konzeptes ab. Eine Heizzentrale mit BHKW erfordert eine Bruttogrundfläche für das Gebäude von ca. 50 m² bzw. bei einem freistehenden Gebäude eine Grundstücksfläche ca. 150 m²

4.2.2 Anlagenbeschreibung

Wärmenetz und Hausübergabe

Das Wärmenetz wird in den öffentlichen Flächen unterirdisch verlegt. Jedes Gebäude bekommt einen Hausanschluss und eine Wärmeübergabestation incl. Warmwasserbereitung. Diese beinhaltet die Netz- und Heizungsregelung und den Wärmemengenzähler, dessen Ablesung die Grundlage der Wärmekostenabrechnung ist. Die Übergabe bzw. Schnittstelle zum Hausheizungssystem sind die Ausgangsflansche der Hausübergabestation und des Warmwasserbereiters.

Das Wärmenetz hat Wärmeverluste. Diese sind auf der Basis einer groben Netzplanung und üblichen Wärmeverlusten zu 24 % (Variante 1) bzw. 18 % (Variante 2) des Wärmebedarfes der Gebäude berücksichtigt.

Heizzentrale

Die Heizzentrale muss an das öffentliche Versorgungssystem angeschlossen werden (Telefon, Wasser, Abwasser, Strom und Erdgas). Die Gebäudehöhe liegt bei ca. 5 m. Es ist davon auszugehen, dass der Schornstein eine Höhe von 10 m hat.

Blockheizkraftwerk mit Spitzenkessel

Die Grundlast der Wärme wird in Kraft-Wärme-Kopplung (KWK) in einem Blockheizkraftwerk erzeugt. Der Strom wird in das öffentliche Netz eingespeist. Als Versorgungssicherheit und zur Abdeckung von Wärmebedarfsspitzen ist ein Erdgasspitzenkessel vorhanden.

Das BHKW wird so ausgelegt, dass es mindestens 75 % der Wärme mit KWK erzeugt werden. Dieses ist die Förderanforderung nach KWK-Gesetz. In der Tabelle 7 sind die Anlagenleistungsdaten für beide behandelten Varianten angegeben.

Variante		1a	1b	2a	2b
Modulzahl		3	1	2	1
el. BHKW-Leistung	kW	150	140	70	70
BHKW Laufzeit	h/a	4.408	4.927	4.243	4.408
Stromproduktion	kWh/a	661.205	689.820	297.018	308.589
Wärmeproduktion	kWh/a	1.178.670	1.064.294	551.956	537.649
Anteil BHKW-Wärme	%	87	78	89	87
Leistung Spitzenkessel	kW	600	600	350	350
Primärenergiefaktor		0,52	0,00	0,49	0,00

Tabelle 7: Anlagendaten „BHKW-Varianten“

Das BHKW kann mit Erdgas oder Biomethan betrieben werden.

Ein BHKW zur Versorgung des gesamten Baugebietes erzeugt deutlich mehr Strom als im gesamten Baugebiet verbraucht wird (466.100 kWh/a s. Kap. 3.2).

4.2.3 Wärmegestehungskosten

In der Tabelle 8 und der Abbildung 8 ist das Ergebnis der Wärmevollkostenberechnung angegeben. Alle Kostenangaben sind brutto, d.h. einschließlich Mehrwertsteuer.

	Wärme- gestehungspreis ct/kWh
Variante 1	
1a Erdgas Gesamtgebiet	27,1
1b Biomethan Gesamtgebiet	36,0
Variante 2	
2a Erdgas Kerngebiet	22,0
2b Biomethan Kerngebiet	30,0

Tabelle 8: Wärmegestehungspreis der zentralen Wärmesysteme

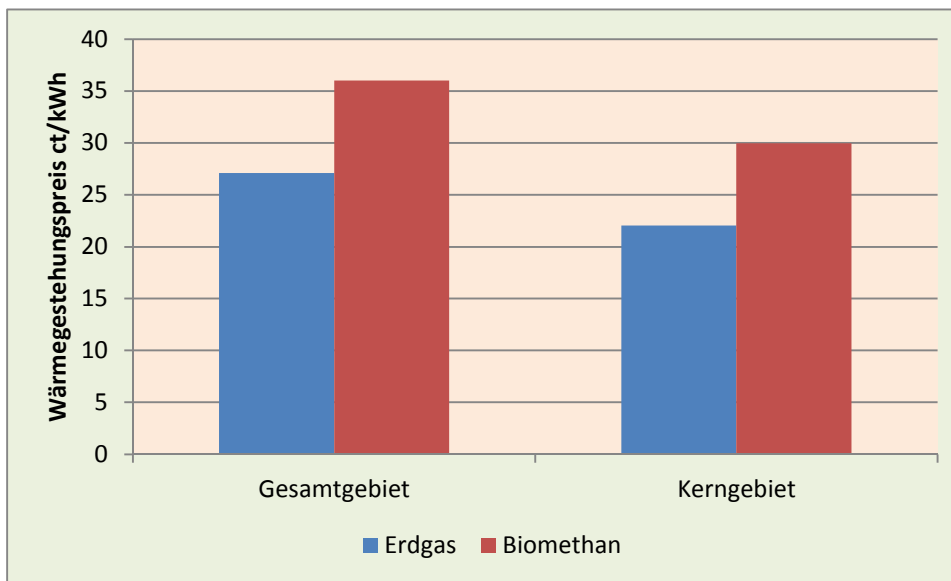


Abbildung 8: Wärmegestehungspreis der zentralen Wärmesysteme

Der BHKW-Betrieb mit Biomethan ist deutlich teurer als der mit Erdgas.

4.2.4 CO₂ – Emission „zentrale Wärmesysteme“

Für die behandelten Varianten wurde eine CO₂ – Bilanz erstellt. Hierbei wurden die o.g. CO₂ - Emissionsfaktoren genutzt.

In der Abbildung 9 ist der CO₂ – Emissionsfaktor Wärme angegeben.

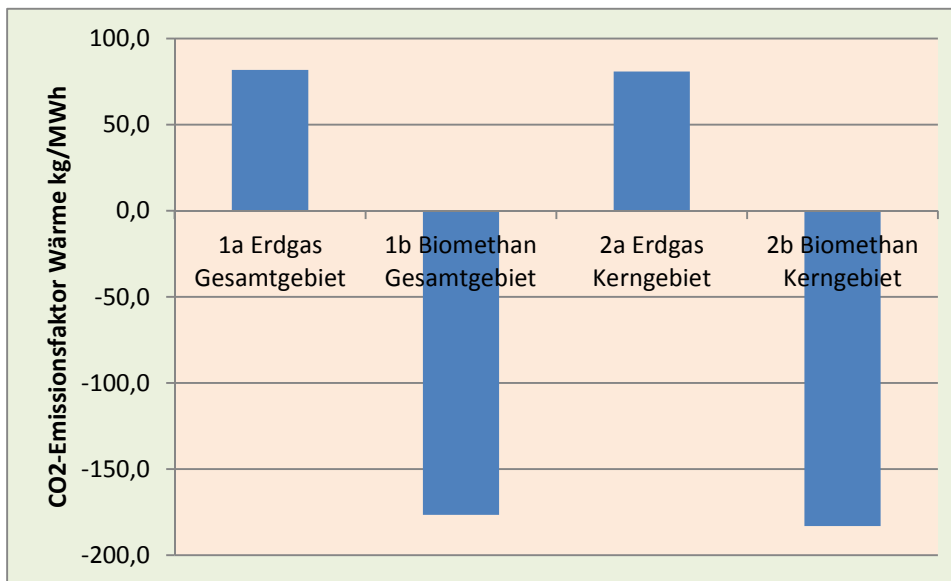


Abbildung 9: CO₂ – Emissionsfaktoren der zentralen Wärmesysteme

Die Biomethanvarianten führen zu negativen Emissionsfaktoren, d.h. aus der Wärmenutzung ergibt sich eine Umweltentlastung.

4.3 Vergleichende Diskussion dezentral/zentral

In der Tabelle 9 und der Abbildung 10 ist das Ergebnis der Wärmevollkostenberechnung und der CO₂ - Emissionsberechnung von allen betrachteten Varianten angegeben. Alle Kostenangaben sind brutto, d.h. einschließlich Mehrwertsteuer.

	Wärme- preis ct/kWh	CO ₂ - Emission t/a
Variante 1 "Gesamtgebiet"		
WP	23,7	118
BW-Kessel	24,8	195
Erdgas BHKW	27,1	90
Biomethan BHKW	36,0	-194
Variante 2 "Kerngebiet"		
Wärmepumpe dezentral	22,5	57
Gasbrennwertkessel dezentral	22,4	95
Erdgas BHKW	22,0	43
Biomethan BHKW	30,0	-96

Tabelle 9: Wärmegestehungspreis und CO₂ – Emission der dezentralen und der zentralen Wärmesysteme

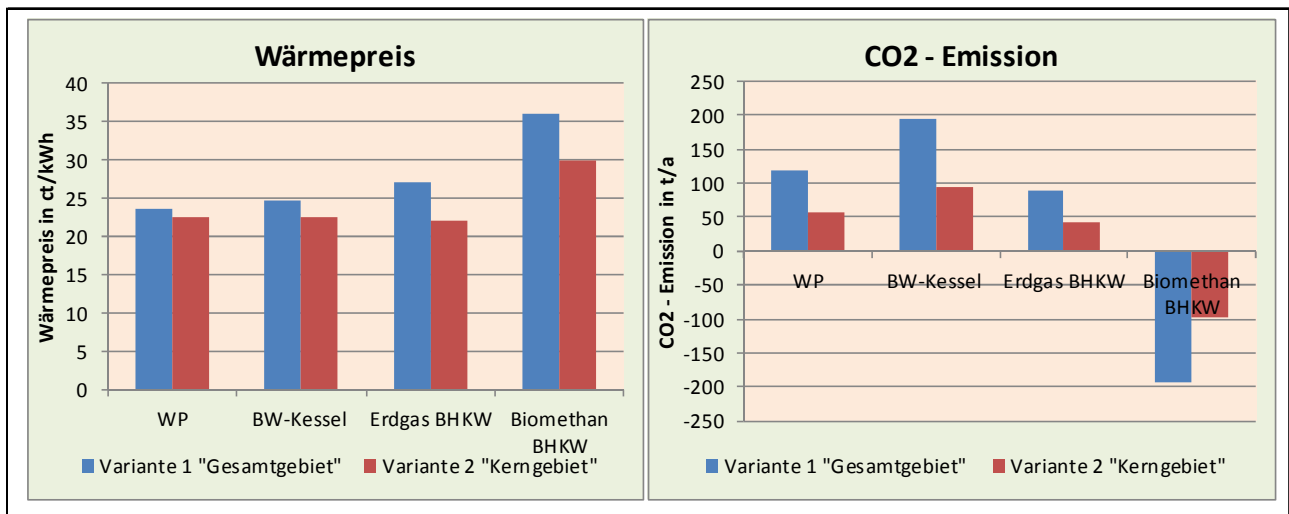


Abbildung 10: Wärmegestehungspreis und CO₂-Emission des dezentralen und der zentralen Wärmesysteme

Es ergibt sich folgendes Ergebnis:

Wärmekosten

- Bei den dezentralen Systemen führt die elektrische Wärmepumpe bei den kleinen Gebäuden zu leicht geringeren Wärmekosten, bei den großen Gebäuden zu ungefähr gleichen Wärmepreisen.
- Die zentralen Wärmesysteme für das Gesamtgebiet mit Erdgas- oder Biomethan-BHKW weisen höheren Wärmekosten als die dezentralen Wärmesysteme auf.
- Das zentrale Wärmesystem für das Kerngebiet mit Erdgas-BHKW weist leicht geringeren Wärmekosten als die dezentralen Wärmesysteme auf.
- Beide Biomethan-Varianten führen zu deutlich höheren Wärmepreisen.

CO₂-Emission

- Alle zentralen Wärmesysteme führen zu geringeren CO₂ – Emissionen.
- Das Biomethan-BHKW ist mit Abstand die umweltfreundlichste Variante.

Aus ökonomischer Sicht ist das Erdgas-BHKW lediglich für das Kerngebiet vorteilhaft. Die Versorgung der EFH- und DH-Gebäude über ein Nahwärmenetz führt zu höheren Wärmepreisen.

Aus ökologischer Sicht sind alle behandelten zentralen Varianten vorteilhaft. Die Biomethan-Varianten führen sogar zu negativen CO₂-Emissionen.

5 Stromeigenproduktion durch Photovoltaikanlagen

5.1 Solarpotenzial

Ein konsequenter Ausbau der solaren Stromproduktion ermöglicht, einen großen Anteil des Strombedarfes der Gebäude selbst vor Ort zu erzeugen. In der Tabelle 10 ist eine Abschätzung des Solarpotenzials angegeben.

Dachfläche	10.515	m ²
Flächenfaktor	0,45	
PV-Modulfläche	4.732	m ²
spez. Flächenbedarf Module	7,5	m ² /kWp
PV-Leistung	631	kWp
spez. Solarertrag	850	kWh/a/kWp
Solare Stromproktion (Solarpotenzial)	536.265	kWh/a

Tabelle 10: Potenzial der Solaren Stromproduktion

Im Kapitel 3.2 wurde eine Strombedarfsprognose für alle Gebäude des Baugebietes erstellt. Danach kann mit einem Strombedarf von 466.100 kWh/a gerechnet werden, d.h. der Strombedarf kann vollständig über Dachanlagen auf den Gebäuden selbst erzeugt werden, wenn das PV-Potenzial zu ca. 87 % realisiert wird.

Dieses gilt nicht mehr, wenn die Gebäude über elektrische Wärmepumpen beheizt werden. Hierfür ist eine Heizstrommenge von 314.000 kWh/a erforderlich. Es entsteht dann eine Unterdeckung von ca. 32 %.

In der Tabelle 11 sind typische PV-Leistungen von Einzelgebäude angegeben. Es kann ersehen werden, dass die Jahres-PV-Produktion in der Jahresbilanz ungefähr dem Bedarf (2.850 kWh/a s. Kap. 3.2) entspricht. Bei solchen Verhältnissen kann von einem Selbstnutzungsgrad von 40 % ausgegangen werden. 60 % der solaren Stromproduktion wird in das öffentliche Netz eingespeist.

	Solar- leistung kWp	Modul- fläche m²	PV-Strom- produktion kWh/a
EFH	3,8	30	3.188
DH-Hälfte	3,5	28	2.975
RH (pro "Scheibe")	3,2	25	2.678

Tabelle 11: PV-Leistung Einzelgebäude

Auch in den Mehrfamilienhäusern sind die Dachflächen so groß, dass eine PV-Anlage möglich ist, die in der Jahresbilanz den Strombedarf des gesamten Gebäudes erzeugen kann.

Photovoltaikanlagen sind bei einem Stromselbstnutzungsanteil von 40 % wirtschaftlich. In der Tabelle 12 ist eine Wirtschaftlichkeitsrechnung für eine Beispielanlage auf einem Einfamilienhaus

angegeben. Bei einer Anlagenlebensdauer von mindestens 20 Jahren ist eine PV-Anlage sehr gut wirtschaftlich.

Peak-Leistung	3,8	kWp
spezifischer Ertrag	850	kWh/kWp
absoluter Solarertrag	3.230	kWh/a
spezifische Investition	1.666	€/kWp
Investition brutto	6.331	€
Stromselbstnutzung	40,0	%
	1.292	kWh
Wartung/Instandhaltung	50	€/a
Strompreis Bezug brutto	27,00	ct/kWh
EEG-Einspeisevergütung	9,87	ct/kWh
Kosten EEG Umlage	0,00	ct/kWh
Amortisationszeit	13,0	Jahre
Stromgestehungspreis	11,3	ct/kWh
CO ₂ - Einsparung	1.735	kg/a

Tabelle 12: Wirtschaftlichkeitsberechnung für eine PV-Anlage auf einem EFH

5.2 Konzeptionelle Aspekte „Photovoltaikanlagen“ in der Bauleitplanung

Um die Chance einer weitestgehenden Realisierung des PV-Potenzials zu bekommen, sollten einige Aspekte bei der jetzigen Flächenplanung berücksichtigt werden:

- Die Statik der Dächer muss zusätzliche Lasten einer PV-Anlage aufnehmen können (ca. 20 kg/m²).
- Dacheinbauten (Gauben, Dachfenster o.ä.) sollten bei geneigten Dächern so angeordnet werden, dass zusammenhängende Flächen zur Aufnahme von PV-Modulen vorhanden sind.
- Flachdächer sollten möglichst keine Aufbauten haben, die zu einer Verschattung der Module führen können.
- Die Bepflanzung von Straßenrändern und Grundstücken sollte so ausgeführt werden, dass die möglichen PV-Anlagen nicht verschattet werden.

5.3 Betreiberkonzepte für PV-Anlagen

PV-Anlagen in EFH, DH, RH

Um eine gute Wirtschaftlichkeit von PV-Anlage zu bekommen, ist heute eine Stromeigennutzung erforderlich, d.h. der Anlagenbetreiber muss auch der anteilige Stromnutzer sein. EFH, DH, RH werden üblicherweise von den Eigentümern selbst bewohnt. In diesem Fall ist das Betreiberkonzept sehr einfach. Der Hausbesitzer kann allein alles regeln.

In Kap. 5.1 wurde gezeigt, dass eine PV-Anlage gut wirtschaftlich ist. Den zukünftigen Bauherren sollte im Rahmen der Grundstücksvermarktung empfohlen werden, eine Anlage zu bauen.

Das neue Gebäudeenergiegesetz GEG unterstützt die Bestrebungen, Neubauten möglichst mit einer PV-Anlage auszurüsten, in dem ein höherer Anteil des PV-Stromes dem Primärenergiebedarf angerechnet werden kann.

PV-Anlagen in MFH

Um das Solarpotenzial im Mietwohnungsbau zu realisieren, ist ein Mieterstrommodell erforderlich, da der Gebäudeeigner als Anlagenerrichter und Betreiber nicht der Stromnutzer ist. Im Mieterstrommodell ist der Anlagenbetreiber Stromlieferant für die Mieter. Die Mieter müssen im Vertragsfall den gesamten Strombedarf vom Betreiber beziehen. Die Mieter können das Mieterstromangebot annehmen, müssen es aber nicht.

Baut der Bauherr die PV-Anlage, ist er im Gebäude ein Stromanbieter mit allen Rechten und Pflichten. Zur Abwicklung kann er sich Dienstleister hinzunehmen.

Will der Bauherr die Anlage nicht selber bauen und Stromanbieter sein, kann er sein Dach möglichen Mieterstromanbietern zur Verfügung stellen. Mieterstrommodelle sind in der Abwicklung kompliziert. Es gibt aber Dienstleister, die die Abwicklung übernehmen. Diese Zusammenhänge sollten in Verhandlungen mit Bauträgern kommuniziert werden.